

PCT/DE03/03238
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 19 NOV 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 59 218.7

Anmeldetag:

17. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber:

Agfa NDT GmbH, Hürth/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zur Größenbestimmung
eines Risses in einem Werkstück mittels der Ultra-
schall-Impuls-Methode

IPC:

G 01 N 29/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stark

A 9161
03/00
EDV-L

102 59 218.7



DR. RER. NAT. WULF BAUER
PATENTANWALT

BAYENTHALGÜRTEL 15
D - 50968 KÖLN - MARIENBURG

TELEFON: (0221) 38 05 01

TELEFAX: (0221) 38 05 03

K-257

Anmelder: Agfa NDT GmbH
Robert-Bosch-Strasse 3
50354 Hürth

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Größenbestimmung eines
Risses in einem Werkstück mittels der Ultraschall-
Impuls-Methode

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der Größe eines Risses in einem Werkstück mittels der Ultraschall-Impuls-Methode und auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Die Impuls-Echotechnik ist ein allgemein bekanntes Verfahren, verwiesen wird auf das DE-Buch Krautkrämer und Krautkrämer, Werkstoffprüfung mit Ultraschall. Ein Prüfkopf sendet Ultraschallimpulse aus. Diese werden von einer Ungänze, beispielsweise einer inneren Trennfläche, einem Riss oder einem anderen Materialfehler zumindest teilweise reflektiert und vom selben Prüfkopf wieder empfangen. Sie werden hinsichtlich ihrer Echoamplitude und gegebenenfalls unter Berücksichtigung ihrer Laufzeit ausgewertet.

Bekannt ist auch die Bestimmung der Größe einer Ungänze nach der sogenannten Halbwertsmethode. Man geht davon aus, dass der Zentralstrahl des Prüfkopfes genau dann einen Rand der Ungänze trifft, wenn die Amplitude des Echos von einem Maximalwert, den sie bei vollem Erfassen der Ungänze hat, auf die Hälfte, also -6 dB abgefallen ist. Bei dieser Halbwertsmethode

Aktenzeichen: K-257

Datei: Anmeldungsunterlagen

muß man jedoch die Bewegung des Prüfkopfes relativ zum Werkstück erfassen. Man kann nun für die Größenbestimmung einer Ungänze zusätzlich noch die Laufzeit der empfangenen Echosignale berücksichtigen.

Aus den Spezifikationen des American Petroleum Institutes „Recommended Practice for Ultrasonic Evaluation of Pipe Imperfections“ ist ein Verfahren zur Größenbestimmung von Rissen bekannt, bei dem ein Winkelprüfkopf über den Riss verschoben wird, sodass seine Strahlungskeule den Riss überfährt. In einem sogenannten A-Bild wird in einer ersten Ausführungsweise dieser vorgeschlagenen Messung einerseits die maximale Echoamplitude gesucht und festgehalten und die zugehörige Laufzeit notiert, andererseits werden die Laufzeiten notiert für die Echosignale, die genau den halben Wert der Maximalamplitude entsprechen. Das Verfahren ist recht aufwendig. In einer zweiten Ausführungsweise wird eine Hüllkurve dargestellt, Voraussetzung ist ein Ultraschallgerät, das eine Vorrichtung zur Speicherung der Maximalamplituden hat, beispielsweise einen Speicheroszillograf. Die erhaltene Hüllkurve wird nun mittels eines Gatters bzw. einer Auswertebende ausgewertet. Die Auswertebende wird auf 50% der Maximalamplitude der Hüllkurve eingestellt, ihr zeitlicher Beginn ist der Schnittpunkt mit der Anstiegsflanke der Hüllkurve, das zeitliche Ende ist der Schnittpunkt mit der abfallenden Flanke der Hüllkurve. Es wird nun für die Berechnung der Fehlergröße der Wert der Schallgeschwindigkeit so stark verändert, bis die Auswertebende mit der Hüllkurve ausreichend übereinstimmt. Dieses Verfahren wird allgemein als langwierig beschrieben und nur empfohlen für solche Rissen, deren Abmessung, insbesondere Tiefe, nicht anderweitig bestimmt werden kann. Aus einer Formel, die das Produkt der Maximalamplitude und des Zeitabstandes der beiden 50 %-Amplituden berücksichtigt, wird jeweils die Fehlergröße errechnet.

Die bisher bekannten Verfahren liefern zwar Abmessungen für Risse, sie haben aber bei der praktischen Durchführung Nachteile. Hier setzt die Erfindung ein. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, ein Nachweisverfahren für eine Größenabmessung von Rissen, insbesondere für die Tiefe eines Risses anzugeben, das ohne große Manipulationen unmittelbar zu einem Wert führt, also rasch einen Ausgangswert ermittelt und sich für ein automatisches Verfahren eignet.

Diese Aufgabe wird gelöst durch

Erfindungsgemäß werden die Echoschallsignale digitalisiert und in einem Speicher als Wertepaare abgespeichert über der Laufzeit. Wird der Winkelprüfkopf einmal vollständig über die Risses hinweggefahren, so erhält man eine Vielzahl von Wertepaaren, die nach oben durch eine Hüllkurve begrenzt sind.

In einer bevorzugten Ausführungsweise der Erfindung werden jeweils nur die maximalen Amplitudenwerte für die einzelnen Laufzeiten abgespeichert, es wird also nur die Hüllkurve gespeichert.

Aus der Hüllkurve kann nun direkt die Größe des Fehlers ermittelt werden, dies kann mittels eines Rechnerbausteins erfolgen, der im Ultraschallgerät vorgesehen ist. Die Größe des Fehlers ist proportional dem Produkt aus Maximalamplitude mal Halbwertsbreite der Hüllkurve. Der Proportionalitätsfaktor k wird durch Messungen an Rissen mit bekannter Fehlertiefe ermittelt. Auf diese Weise kann ohne große manuelle Justierungen und unabhängig vom Geschick des jeweiligen Ultraschallprüfers die Größe eines Risses im Werkstück festgestellt werden. Das Verfahren eignet sich zur weitgehenden und vorzugsweise vollständigen Automatisierung.

Im Gegensatz zu dem Verfahren nach dem Stand der Technik ist es nun nicht mehr notwendig, die maximalen Referenzamplituden auf 80% der Bildschirmhöhe einzuregeln. Die maximalen Echoamplituden können mit hoher Auflösung gemessen und gespeichert werden. Eine Halbwertslinie kann direkt errechnet und auf einen Bildschirm dargestellt werden. Die Halbwertsbreite der Hüllkurve lässt sich unmittelbar automatisch bestimmen und auch auf den Bildschirm darstellen.

Es ist möglich, den Verstärkungsfaktor des Ultraschallgerätes zu ändern, ohne dass hierdurch das Berechnungsverfahren, das im Gerät abläuft, zu fehlerhaften Aussagen über die Risstiefe kommt. Wenn, wie es in der Praxis passieren kann, die maximale Echoamplitude des Fehlerechos entweder zu hoch, also über 100 % liegt, oder zu klein ist (zu flache Echodynamikkurve), wird die Verstärkung des Ultraschallgerätes geändert. Die Verstärkungsänderung dV wird erfasst. Mit der Verstärkungsänderung dV muß die maximale Amplitude des Fehlerechos umgerechnet werden, dies erfolgt nach der Formel 1

$$A_{\max} = A'_{\max} \times 10^{-dV/20}$$

Dabei ist A_{\max} die Amplitude vor der Verstärkungsänderung, A'_{\max} ist die Amplitude nach der Verstärkungsänderung.

Als günstig haben sich Winkelprüfköpfe mit flachem Einschallwinkel erwiesen. Bei ihnen ist eine größere Verschiebung des Winkelprüfkopfes erforderlich als bei Winkelprüfköpfen mit kleineren Einschallwinkeln.

Als günstig hat sich erwiesen, die erhaltene Hüllkurve, wie sie im Speicher abgespeichert ist, mittels einer Auswerteeinrichtung, beispielsweise einer Auswertebende, dahingehend zu überprüfen, ob tatsächlich der Winkelprüfkopf so ausreichend weit vom Riss wegbewegt wurde, das an beiden

Seiten der Hüllkurve ein Wert erreicht wird, der dem Echosignal ohne jeglichen Einfluss des erfassten Risses entspricht. Die entsprechende elektronische Auswerteschaltung erfasst einerseits, dass die Hüllkurve bis zur Nulllinie heruntergeht und andererseits, dass dies an beiden Flanken der Hüllkurve auch tatsächlich passiert. Diese Überprüfungen können automatisch vom Prüfgerät selbst und ohne Einfluss des Prüfers durchgeführt werden. Das Prüfgerät speichert eine Nulllinie, wie sie vorliegt, wenn beim Suchen nach einem Riss keinerlei Riss erfasst wird. Wenn dann ein Riss festgestellt wurde, wird geprüft, ob beidseits der Hüllkurve diese soweit abfällt, dass sie bis auf den Wert der Nulllinie heruntergeht. Ist dies nicht der Fall, wird ein entsprechendes Signal an den Prüfer ausgegeben, das diesen veranlasst, den Winkelprüfkopf weiter weg vom aufgefundenen Riss zu bewegen bis zu einem Bereich, wo der aufgefunden Riss sich in Höhe des Echosignals überhaupt nicht mehr bemerkbar macht.

In einer geänderten Ausbildung der Erfindung wird anstelle eines Winkelprüfkopfs ein Array aus einer größeren Anzahl von Einzelprüfköpfen eingesetzt. Diese werden so angesteuert, dass entweder derselbe Effekt erreicht wird wie bei Verschieben eines Winkelprüfkopfes über die Oberfläche, also ein Parallelversetzen des Hauptstrahls, oder der Winkel des Strahls wird verändert. In beiden Fällen ist eine mechanische Bewegung relativ zur Oberfläche nicht mehr notwendig. Anders ausgedrückt ersetzt die Anordnung mehrerer einzelner Prüfköpfe in dem Array hintereinander die bei einem Einzelprüfkopf benötigte Verschiebung.

Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf Ausführungsbeispiele näher erläutert und beschrieben. Diese Ausführungsbeispiele sind nicht einschränkend zu verstehen. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1: eine Darstellung einer Ultraschall-Prüfanordnung mit einem Prüfkopf, der auf ein Werkstück aufgesetzt ist, das einen Riss hat, gezeigt ist auch der Verlauf des Hauptstrahls dieses Prüfkopfs,

Fig. 2: eine Darstellung wie Fig. 1, jedoch in einer anderen Position des Prüfkopfes relativ zum Riss,

Fig. 3: eine Darstellung einer Hüllkurve, nämlich maximale erreichte Echoamplitude A (in Volt bzw. %) über der jeweiligen Laufzeit t (in ms), eingezeichnet ist die Ermittlung der Halbwertsbreite und der Maximalamplitude.

Aus den Figuren 1 und 2 ist ein Werkstück 20 ersichtlich, das eine Frontfläche 22 und eine Rückfläche 24 hat. Typische Beispiele für derartige Werkstücke sind Rohre, beispielsweise Rohre mit größeren Durchmessern, z.B. in Bereich 20 – 80 cm Durchmesser. Typischerweise sind es Bohrfeldrohre, Rohre für Fluidleitungen (Pipelines), aber auch Bleche und Gegenstände beliebiger Anwendung.

Im Werkstück 22 befindet sich ein Riss 26, der von der Rückfläche 24 ausgeht. Es kann sich auch um einen internen Riss handeln, der keinerlei Verbindung mit der Rückfläche 24 hat.

Auf die Frontfläche 22 ist ein Winkelprüfkopf 28 aufgesetzt. Er sendet entlang eines Hauptstrahls 30, der sich im Zentrum einer Strahlungskeule des Prüfkopfes 28 befindet, Ultraschallimpulse in einem Winkel Alpha in das Volumen des Werkstücks 20. Der Prüfkopf 28 ist ein sogenannter Sendempfangs-Prüfkopf, auch S/E-Prüfkopf genannt, er dient also sowohl dem Aussenden als auch dem Empfangen von Ultraschallimpulsen.

Der Winkelprüfkopf 28 ist einerseits mit einem Sendebaustein 32, auch TX genannt, und andererseits mit einem Empfängerbaustein 34, auch RX genannt, verbunden. Am Ausgang des Empfängerbausteins ist ein Analog-Digital-Wandler 36, auch A/D-Wandler genannt, angeschlossen. An dessen Ausgang wiederum ist einerseits ein Monitor 38 zur Darstellung eines A-Bildes und einer Hüllkurve, er wird auch als MON bezeichnet, angeschlossen. Andererseits ist ein Speicher 40, auch MEM genannt, an diesen Ausgang angeschlossen. Über geeignete Schaltungsmaßnahmen, die an sich bekannt sind, können im Speicher 40 abgespeicherte Informationen auf dem Monitor 38 dargestellt werden, der Monitor 38 stellt aber auch das jeweils bei einer aktuellen Prüfung erhaltene A-Bild dar. Schließlich ist ein Rechnerbaustein 42 vorgesehen, er wird auch als Mikrocomputer oder μC bezeichnet. Er ist mit allen elektronischen Bausteinen des Ultraschallprüfgerätes verbunden, dies ist durch gestrichelte Linien dargestellt. Dabei bilden die Teile 32 – 42 das Ultraschallprüfgerät. Dessen Aufbau ist eigentlich bekannt, sodass auf das Ultraschallprüfgerät nicht näher eingegangen werden muss. Ein typisches Beispiel für ein Ultraschallprüfgerät, das für das Verfahren eingesetzt werden kann, ist das Gerät USM 25 der Anmelderin.

In Fig. 1 ist gestrichelt noch die Bezugsziffer 29 eine zweite Position des Prüfkopfes 28 gezeigt. Bei der Prüfung wird der Prüfkopf 28 entlang der Pfeile 44 bewegt. Die Bewegung muss so ausreichend groß sein, dass der Riss 26 überfahren wird. Bei dem gestrichelt dargestellten Winkelprüfkopf ist zusätzlich zum Hauptstrahl 30 eine Strahlungskeule 46 angedeutet. Zur Definition von Strahlungskeulen wird auf das eingangs genannte DE-Buch verwiesen. Bei der Prüfung wird ausgehend von der gestrichelten Position der Prüfkopf so weit verschoben, dass er über den Riss 26 hinwegfährt und wieder eine Position erreicht, in der er sich außerhalb des Risses 26 befindet, also wieder auf der anderen Seite so weit weg ist wie die gestrichelte Po-

sition des Winkelprüfkopfes 28. Dabei muss hier betont werden, dass die gestrichelte Position sehr weit weg ist und hier schon die Möglichkeit besteht, dass in der gestrichelten Position der Riss 26 wiederum erfasst wird, nunmehr aber nach Reflexion des Hauptstrahls 30, der strichpunktiert eingezeichnet ist, zunächst an der Rückfläche 24, dann an der Frontfläche 22, und von dort zum Riss 26 hin.

Bei der praktischen Prüfung liegen die Einschallwinkel α um 45° , typisch liegen sie im Bereich $45-60^\circ$. Damit sind aber andere Winkel α nicht ausgeschlossen. Die Prüfkopffrequenzen liegen im Bereich MHz, beispielsweise 1-5 MHz. Die Ultraschallimpulse werden mit einer Wiederholungsfrequenz von 50 – 100 Hz. eingeschallt, wesentlich größere Frequenzen sind möglich, das gleiche gilt für kleinere Frequenzen.

Ein Prüfverfahren läuft wie folgt ab:

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, sendet der Prüfkopf 28 Ultraschallimpulse entlang des Hauptstrahls 30 aus. Diese Ultraschallimpulse treffen entweder den Riss 26 direkt oder die Rückfläche 24. In beiden Fällen werden sie reflektiert zur Rückfläche 24 bzw. zum Riss 26 hin und laufen nach dem Winkelspiegeleffekt zurück in den Prüfkopf 28. In der Position gemäß Fig. 1 läuft der Hauptstrahl 30 zunächst auf die Rückfläche 24 zu, verläuft von dort nach Reflexion in einem kurzen Wegstück auf den Riss 26 hin und von diesem zurück in den Prüfkopf.

Jede Position des Prüfkopfes 28 führt zu einem Echoschallsignal bei einer gewissen Laufzeit. Jede neue Position hat eine andere Laufzeit und einen anderen Wert für die Echosignale. Die vom Empfängerbaustein 34 aufgenommenen Echoschallsignale werden dort verstärkt und anschließend digitalisiert im A/D-Wandler 36. Im Speicher 40 werden jeweils nur die Maxi-

Für den Testfehler ist die Fehlertiefe T50 bekannt. Der Testfehler 50 wird nun mittels des Prüfverfahrens geprüft, es wird eine Hüllkurve erstellt, die ähnlich ist wie die Hüllkurve für den Fehler 26 gemäß Fig. 3. In die dortige Hüllkurve 48 ist eine Halbwertsbreite bei 50% der Maximalamplitude eingezeichnet. Sie beginnt bei der Gesamtlaufzeit t1 und endet bei der Gesamtlaufzeit t2. Ebenso wird dies für die Hüllkurve des Testfehlers 50 durchgeführt. Es wird nun ein Proportionalitätsfaktor k errechnet aus dem Quotienten Tiefe des Testfehlers zu Halbwertsbreite dieses Testfehlers. Damit kann nun die Fehlertiefe T des Risses 26 nach dem Dreisatz oder mit Hilfe des Proportionalitätsfaktors k bestimmt werden, dies nach der Formel

$$T = k \times \text{Halbwertsbreite des Risses.}$$

Anders ausgedrückt wird die aus der Hüllkurve gemäß Fig. 3 ermittelte Halbwertsbreite mit dem Proportionalitätsfaktor k multipliziert, das Ergebnis ist die Risstiefe T. Die Risstiefe T wird unmittelbar auf dem Monitor 38 angezeigt, in Fig. 3 ist als Beispiel der Wert 5,2 mm angegeben.

In Fig. 3 ist die Maximalamplitude der Hüllkurve 48 bei 80 %, damit ist der Halbwert bei 40 %. Bei anderen Maximalamplituden berechnet der Rechnerbaustein 42 die zugehörige Halbwertsamplitude. Zudem kann die Verstärkung nach der oben wiedergegebenen Formel verändert werden.

In Fig. 3 ist noch ein aktuelles Echo 52, wie es üblicherweise auf dem A-Bild erscheint, dargestellt. Es erreicht nicht ganz die Höhe eines schon früher gemessenen Amplitudenwertes für die gleiche Laufzeit t3, würde daher bei der Speicherung im Speicher 40 unberücksichtigt bleiben.

Die Halbwertsbreite t2 minus t1 wird im Rechnerbaustein 42 automatisch errechnet. Hierzu sind gängige Rechenoperationen, die zum Stand der Tech-

nik gehören, notwendig, auf sie muss nicht im einzelnen näher eingegangen werden.

Die Hüllkurve wird auch als Echodynamik bezeichnet. Das Produkt aus der Halbwertsbreite und der Maximalamplitude wird mit dem Proportionalitätsfaktor k multipliziert, das Ergebnis ist die Risstiefe.

Das Verfahren hat den Vorteil, dass mit einem Prüfbericht über die durchgeführte Ultraschallprüfung auch zusätzlich die abgespeicherten Hüllkurven usw. mitübermittelt werden können. Es wird also eine bessere Dokumentation ermöglicht. Es wird auch eine spätere Auswertung der Hüllkurven unter anderen Gesichtspunkten möglich.

In Fig. 3 sind schließlich noch zwei Auswerteschwellen 54 und 56 an den Fußpunkten der Hüllkurve 48 dargestellt. Sie werden so gelegt, dass sie knapp oberhalb der Nulllinie liegen. Sie werden von der Hüllkurve durchschnitten, die Hüllkurve liegt also sowohl über als auch unter ihnen. Damit ist sichergestellt, dass die Hüllkurve vollständig erfasst wurde, der Prüfkopf also ausreichend weit von dem Riss 26 wegbewegt wurde. Dies ist für automatisch arbeitende Messabläufe vorteilhaft. Es ist aber wohl zu verstehen, dass es grundsätzlich ausreicht, die Hüllkurve 48 bis knapp unterhalb des Halbwertes zu erfassen, dies ist für die erfindungsgemäße Messung ausreichend.

DR. RER. NAT. WULF BAUER
PATENTANWALT

BAYENTHALGÜRTEL 15
D - 50968 KÖLN - MARIENBURG
TELEFON: (0221) 38 05 01
TELEFAX: (0221) 38 05 03

K-257

Anmelder: Agfa NDT GmbH
Robert-Bosch-Strasse 3
50354 Hürth

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Größenbestimmung einer
Risses in einem Werkstück mittels der Ultraschall-
Impuls-Methode

Patentansprüche

1. Verfahren zur Größenbestimmung eines Risses in einem Werkstück, insbesondere der Tiefe eines Risses in diesem Werkstück, mittels der Ultraschall-Impuls-Methode und mit folgenden Verfahrensschritten:
 - ein Werkstück hat eine Frontfläche und eine Rückfläche, im Werkstück befindet sich ein Riß, der von der Rückfläche ausgeht,
 - ein Winkelprüfkopf wird auf die Frontfläche aufgesetzt, er sendet Ultraschallimpulse in einem Winkel α in das Werkstück und empfängt Echosignale dieser Impulse,
 - der Winkelprüfkopf wird mindestens einmal über den Riss bewegt, sodass die Strahlungskeule des Winkelprüfkopfes den Riss vollständig überstreicht,
 - die empfangenen Echosignale werden digitalisiert und in einem Speicher abgespeichert als Wertepaare Echosignal über Laufzeit, die abge-

Aktenzeichen: K-257

Datei: Anmeldungsunterlagen

speicherten Wertepaare bilden eine nach oben durch eine Hüllkurve begrenzte Menge,

- aus der Breite der Hüllkurve bei einer vorbestimmten Teilamplitude und aus der Maximalamplitude der Hüllkurve wird die Abmessung der Risses ermittelt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden einzelnen Wert der Laufzeit von mehreren erhaltenen Echoamplituden jeweils nur die Echoamplitude mit dem größten Wert abgespeichert wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessung der Risses proportional ist dem Produkt aus der Maximalamplitude der Hüllkurve mal der Breite der Hüllkurve bei 50 % der Maximalamplitude.
 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkelprüfkopf Bestandteil eines Ultraschallprüfgerätes ist; dass dieses Ultraschallprüfgerät weiterhin einen Rechnerbaustein aufweist und dass dieser Rechnerbaustein die Fehlergröße als Wert ausgibt.
 5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkelprüfkopf mehrfach über den Riss bewegt wird, vorzugsweise, dass er hin- und herbewegt wird.
 6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 zur Bestimmung (Wertmessung) eines Risses in einem Werkstück mittels der Ultraschall - Impuls - Methode, die Vorrichtung weist auf:
 - einen Winkelprüfkopf, der Bestandteil eines Ultraschallprüfgerätes ist, welches weiterhin folgende Teile aufweist:

- a) einen Senderbaustein und einen Empfängerbaustein,
 - b) einen A/D-Wandler, der dem Empfängerbaustein nachgeschaltet ist,
 - c) einen Speicher, der vom Sendebaustein empfangene und vom A/D-Wandler digitalisierte Echosignale im Zusammenhang mit der jeweiligen Laufzeit als Wertepaare speichert, wobei für jede einzelne Laufzeit jeweils nur die größte erhaltene Echoamplitude gespeichert wird und
 - d) einen Rechnerbaustein, der aus der Maximalamplitude und einer Breitenabmessung der gespeicherten Hüllkurve die Tiefe des Risses errechnet.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Ultraschallgerät einen Monitor aufweist, auf dem die Hüllkurve dargestellt wird.

Fig. 1

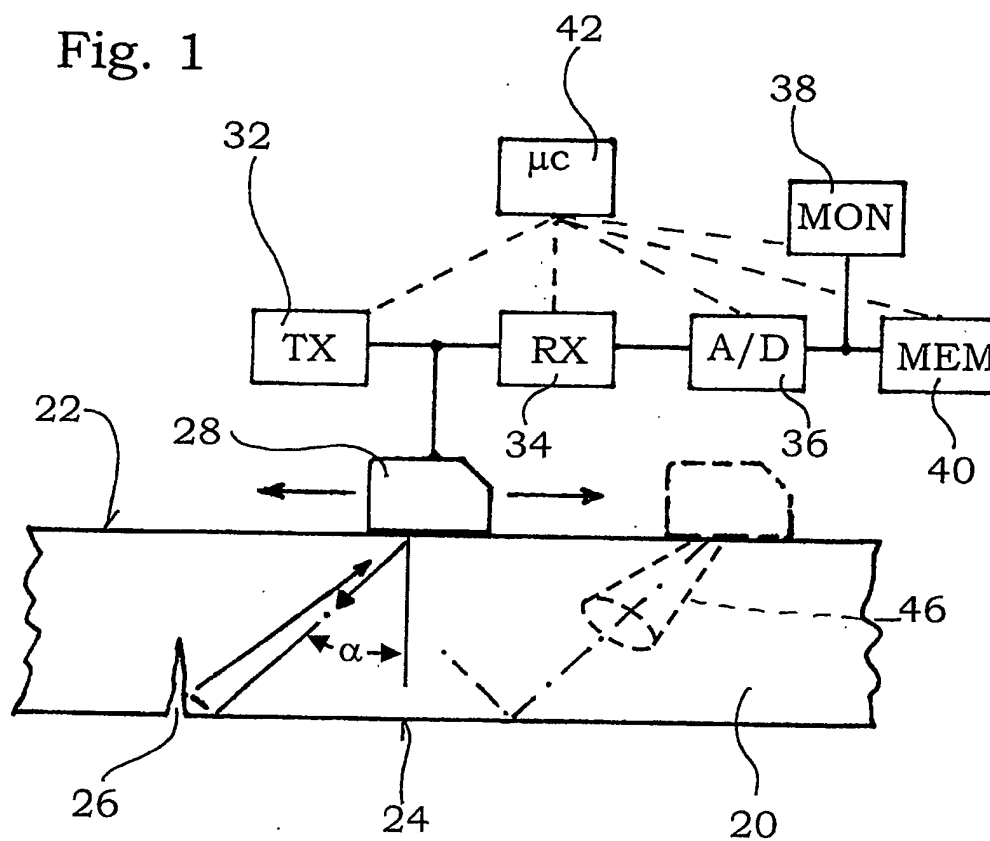


Fig. 2

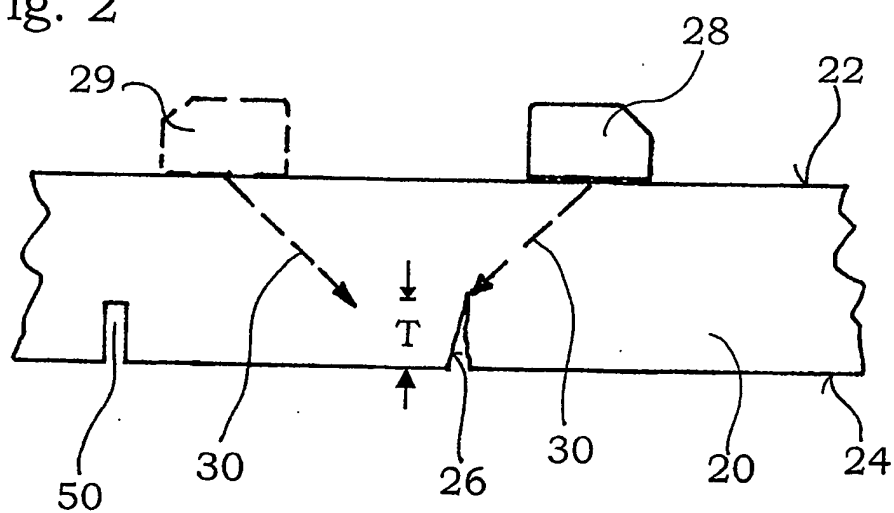


Fig. 3

